

PATENT ABSTRACTS OF JAPAN

(11)Publication number : 06-302901

(43)Date of publication of application : 28.10.1994

(51)Int.Cl.

H01S 3/103

G02F 1/015

(21)Application number : 05-084965

(71)Applicant : NIPPON TELEGR & TELEPH CORP <NTT>

(22)Date of filing : 12.04.1993

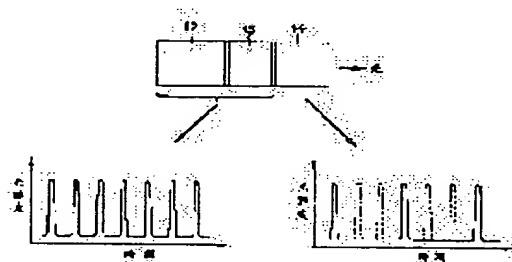
(72)Inventor :
WAKITA KOICHI
SATO NORIFUMI
ODAKA ISAMU

(54) OPTICAL PULSE GENERATION CONTROL ELEMENT

(57)Abstract:

PURPOSE: To provide an element wherein operation of higher repetition frequency is possible, control is easy (the repetition frequency is changeable), a higher output optical pulse train wherein not only the time width but also the spectrum width are narrower is simply generated, and the optical pulse train is subjected to coding and decoding.

CONSTITUTION: In the optical pulse generation control element, a laser light source 12, a light modulation part 13, and a light control part 14 are integrally arranged on a semiconductor substrate, via an optical waveguide. The element has coding function which absorbs or transmits only specific optical pulses in a optical a pulse train by a light control part, after the optical pulse train is generated by modulating the intensity of the output light from the laser light source by a light modulation part.



LEGAL STATUS

[Date of request for examination]

02.11.1999

[Date of sending the examiner's decision of rejection]

[Kind of final disposal of application other than the examiner's decision of rejection or application converted registration]

[Date of final disposal for application]

[Patent number]

[Date of registration]

[Number of appeal against examiner's decision of rejection]

[Date of requesting appeal against examiner's decision of rejection]

[Date of extinction of right]

Copyright (C); 1998,2000 Japan Patent Office

(19) 日本国特許庁 (J P)

(12) 公開特許公報 (A)

(11) 特許出願公開番号

特開平6-302901

(43) 公開日 平成6年(1994)10月28日

(51) Int.Cl. ⁵	識別記号	庁内整理番号	F I	技術表示箇所
H 0 1 S 3/103				
G 0 2 F 1/015	5 0 5			

審査請求 未請求 請求項の数 3 O L (全 10 頁)

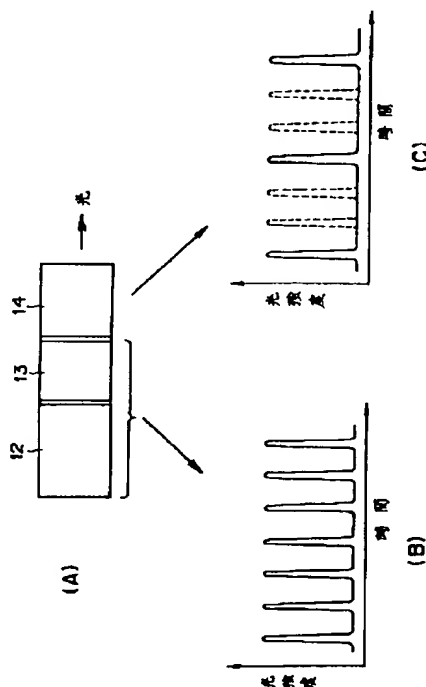
(21) 出願番号	特願平5-84965	(71) 出願人	000004226 日本電信電話株式会社 東京都千代田区内幸町一丁目1番6号
(22) 出願日	平成5年(1993)4月12日	(72) 発明者	脇田 紘一 東京都千代田区内幸町1丁目1番6号 日 本電信電話株式会社内
		(72) 発明者	佐藤 憲史 東京都千代田区内幸町1丁目1番6号 日 本電信電話株式会社内
		(72) 発明者	小高 勇 東京都千代田区内幸町1丁目1番6号 日 本電信電話株式会社内
		(74) 代理人	弁理士 谷 義一 (外1名)

(54) 【発明の名称】 光パルス発生制御素子

(57) 【要約】

【目的】 より高い繰り返し周波数で動作し制御の容易な（繰り返し周波数の可変な）、かつ、簡便にして時間幅のみならず、スペクトル幅もより狭い、より高出力の光パルス列を発生させてこれをコーディングしたり、デコーディングする素子を提供すること。

【構成】 光パルス発生制御素子は半導体基板上に、レーザ光源12と、光変調部13と、光制御部14とを光導波路を介して一体的に配置したものである。この素子はレーザ光源からの出射光を光変調部で強度変調して光パルス列を発生させたのち、この光パルス列を光制御部により所定の光パルスのみを吸収あるいは透過してコーディングする機能を有する。



【特許請求の範囲】

【請求項1】 半導体基板上に、レーザ光源と、光変調部と、光制御部とを光導波路を介して一体的に配置した光パルス発生制御素子であって、レーザ光源からの出射光を光変調部で強度変調して光パルス列を発生させたのち、前記光パルス列を光制御部により所定の光パルスのみを吸収あるいは透過してコーディングする機能を有することを特徴とする光パルス発生制御素子。

【請求項2】 前記光変調部、前記光制御部および前記光導波路が半導体多重量子井戸構造で形成されていることを特徴とする請求項1記載の光パルス発生制御素子。

【請求項3】 前記レーザ光源の光導波路中に回折格子を有することを特徴とする請求項1記載の光パルス発生制御素子。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【産業上の利用分野】 本発明は、光通信および光計測における光源として高速でかつ可変できる繰り返し周波数を有し、短光パルスを発生、制御する素子に関するものである。

【0002】

【従来の技術】 半導体レーザは小形、直接変調可能という特徴を持ち、超短光パルス発生に用いられてきた。その方法は大別すると(1)Qスイッチング法、(2)利得スイッチング法、(3)モード同期法の3種類である。このうち、Qスイッチング法は素子製作が容易でない。動作制御が容易でないなどの問題点があり、利得スイッチング法は方式が簡便で繰り返し周波数が可変という特徴はあるものの、狭くて高い繰り返し周波数の電流パルスを必要とし、また、半導体レーザ自体は高速に動作する必要があり、発生する光パルスも半導体レーザ固有のチャープ特性のため、パルスの幅とそのスペクトル幅の積がフーリエ変換によって規定される値より数倍大きくなってしまふという欠点があった(通常、チャープ量は線幅拡大係数 α で表され、この積は α を用いて $(1+\alpha^2)^{1/2}$ 倍だけ大きくなる)。一方、モード同期法は理論限界に近いパルス幅は得られているが、複雑な外部共振器構成が必要であり、また、繰り返し周波数はこの外部共振器構成によって規定され、その共振周波数の整数倍しか得ることができない。最近、上述した3つの方法とは別に電界吸収型の外部変調器を用いた高速短光パルス発生方法(4)が報告されている(文献:M. Suzuki等, CLEO'92 Post Dead line Paper, CPD26, 56-57ページ, 1992年参照)。

【0003】 図10はその原理を示すもので、電界吸収型のバルク形の変調器は外部より電界を印加されると図のように吸収係数が変化しこれを透過する光の強度を変調でき、その変化は印加電圧に対して非線形であるので、外部から連続光を照射し(例えば半導体レーザを直

流で動かし)、変調器に正弦波信号を乗せれば信号の半波長より狭い光のパルスが発生できる。この方法は比較的入手しやすい正弦波電圧を用いて繰り返し周波数を自由に設定でき、しかもフーリエ変換制限に近い狭線幅かつ狭スペクトル幅の光パルスが得られる利点がある。

【0004】

【発明が解決しようとする課題】 しかし、図10のように光パルスを発生させると、得られる光パルスの幅は上記外部変調器を透過する光強度の電圧依存性および外部変調器の帯域で制限され、帯域は高々20GHz程度であり(上記文献では8-10GHz)、駆動電圧も低くなく、また、変調器と光ファイバとの結合損の大きいことに起因して光の強度も弱いという問題がある。

【0005】 また、上記に述べた各種の狭線幅かつ狭スペクトル幅の光パルス発生法により発生した光パルス列を通信等に使う場合にはパルス列を望ましい形にコーディングしたり、デコーディングする必要が生じるが、このための装置を別に用意する必要があり、必然的に構成が複雑になり、かつ、結合損失も増加してしまうという問題があった。

【0006】 本発明は以上のような従来の方法に存在する問題、特に上記(4)の方法の問題を解決し、かつ、最後に述べたパルス列をコーディングしたり、デコーディングすることを課題とする。

【0007】 すなわち、本発明の課題は、より高い繰り返し周波数で動作し制御の容易な(繰り返し周波数の可変な)、かつ、簡便にして時間幅のみならず、スペクトル幅もより狭い、より高出力の光パルス列を発生させてこれをコーディングしたり、デコーディングする素子を提供することにある。

【0008】

【課題を解決するための手段】 本発明の第1の局面に従う光パルス発生制御素子は、半導体基板上に、レーザ光源と、光変調部と、光制御部とを光導波路を介して一体的に配置した光パルス発生制御素子であって、レーザ光源からの出射光を光変調部で強度変調して光パルス列を発生させたのち、前記光パルス列を光制御部により所定の光パルスのみを吸収あるいは透過してコーディングする機能を有することを特徴とする。

【0009】 ここに、上述した光変調部、光制御部および光導波路は半導体多重量子井戸構造で形成されていてもよい。

【0010】 また、上述したレーザ光源の光導波路中に回折格子を有していてもよい。

【0011】

【作用】 図1を参照して、本発明の光パルス発生制御素子の基本構造と動作を説明する。図1(A)は本発明の光パルス発生素子の機能面から捉えた構成の要部を簡略に示す模式的上面図である。本発明においては、図示しない基板上にレーザ光源(レーザ部)12と、光変調部

3

13と、光制御部14とが図示しない光導波路を介して一体的に配置されており、レーザ光源12と光変調部13により光パルス発生部を構成し、図1(B)に示すような光パルス列が発生する。このパルス列は光制御部で制御されて図1(C)に示すようなコーディングされたパルス列を発生する。

【0012】半導体レーザそのものをQスイッチングや利得スイッチング法によって狭い光パルスの発生に利用しても、そのチャープ特性に起因してその線幅はスペクトル線幅との積は大きい(通常、チャープ量は線幅拡大係数 α で表され、半導体レーザでは α は2-6であり、この積は α を用いて $(1+\alpha^2)^{1/2}$ 倍だけ大きくなる)が、線幅拡大係数 α の小さい(0.2-1.0)外部変調器を用いるので理論限界に近い狭い線幅でかつスペクトル幅の狭い光パルスが得られる。多重量子井戸構造の半導体変調器は励起子吸収を利用しているため、バルク半導体結晶の禁止帯吸収(フランス・ケルディッシュ効果)を利用したものと比較して、低駆動電圧化が可能である。すなわち、MQW層に垂直に 10^5 V/cm程度の高電界を印加しても励起子は解離しにくく、励起子の光吸収に伴う急峻な吸収ピーク波長が観測され、この吸収ピーク波長は、電界強度の2乗に比例して長波長側にシフトする(Quantum-Confined Stark Effect)。このため、MQW構造は、電界印加による吸収係数変化が大きく高効率な変調器が期待される。実際、MQW構造を用いたものでは、3dB帯域40GHzという最高性能の変調器が報告されており(文献:小高他、電子情報通信学会論文誌C-1, J74-C-1巻, No. 11, 414-420ページ, 1991年, 11月)、その広帯域性は実証済みである。帯域を広げれば、変調周波数をその分高くでき、光パルスの幅を狭くできる。また、変調器は大振幅動作で駆動する必要があるが、多重量子井戸構造変調器では駆動電圧も小さくて済み、高周波数の信号源に負担が軽くなる。さらに後に図4に示すように多重量子井戸構造では変調電圧に対して消光比は非線形に変化し、その変化の程度は上記のバルク形の変調器に比べ大きく、その結果、正弦波電圧の印加によりCW光の照射下でも狭い光パルスの発生が可能となる。

【0013】また、半導体レーザとのモノリシック集積化も可能であり、上記(4)の方法の問題であった光源と変調器とを光ファイバを介して結合したことで増加する損失を減らすことができる。また、上記の方法で発生された光パルス列は、印加電圧で吸収特性の変えられる進行波形の半導体光制御部をモノリシックに集積してあるため、望ましい信号を乗せた光パルスをそのための別の装置を用意しなくとも出せる。

【0014】

【実施例】以下、図面を参照して本発明の一つの実施例に従う光発光制御素子の構造を詳細に説明する。

4

【0015】図2は本発明の実施例に従うMQW-DFBレーザとMQW光変調部、進行波形のMQW光制御部の集積化光源の概略斜視図を示すものである。図3は、図2の素子構造の結合部のI-I'先に沿う拡大断面図である。図2および図3において、10は光パルス発生制御素子(MQW-DFBレーザ素子)、11は光導波路、12は分布帰還型半導体レーザ部、13は光変調部、14は光制御部、15は第1の半導体部分、16は第2の半導体部分、17は光結合領域、18は界面、20は基板、22はエッチングストップ層、24は第1の下クラッド層、26は活性層(第1の多重量子井戸構造)、26Aはウェル層、26Bはバリア層、28はガイド層、29は回折格子(グレーティング)、30は第1の上クラッド層、31は保護層、32は第2の下クラッド層、34は第2の多重量子井戸構造、34Aはウェル層、34B層はバリア層、36は第2の上クラッド層、38は第3のクラッド層、38Aは肉薄部、38B、38Cはクラッド層の部分、40は分離部、42はキャップ層、44、46、47は埋込み部、38はレーザ部の電極、49は光変調部の電極、50は光制御部の電極、62はn型電極、64は無反射コーティングである。

【0016】本発明の光パルス発生素子、すなわち、MQW-DFBレーザ素子10は光導波路11を基板20上に設けたものである。この光導波路11は分布帰還型半導体レーザ部(レーザ光源)12とこれに結合された光変調部13、光制御部14とから構成されている。換言すれば、レーザ光源12と、光変調部13と、光制御部14とを光導波路11を介して一体的に配置したものである。分布帰還型半導体レーザ部12は、第1の半導体部分15を含み、光変調部13および光制御部14は第2の半導体部分16を含む。基板20上にはエッチングストップ層22を介して上述した第1および第2の半導体部分15、16が設けてある。この第1の半導体部分15は第1の下クラッド層24、活性層26(第1の多重量子井戸構造)、ガイド層28、第1の上クラッド層30を有し、この順に積層してある。ガイド層28には分布帰還型半導体レーザ部では回折格子(グレーティング)29を形成してある。第1の上下クラッド層30、24は導電型が異なるようにドーピングしてあり、活性層26とガイド層28を挟んでいる。活性層26は、ウェル層26A、バリア層26Bからなる第1の多重量子井戸構造を構成している。光制御部14は第2の半導体部分16からなり、光変調部と同じ構成で印加電圧のみ互いに独立に加えられるようになっている。上述した第1の半導体部分回折格子は活性層26に設けてもよい。

【0017】一方、光変調部13に含まれる第2の半導体部分16は第2の下クラッド層32、第2の多重量子井戸構造34、第2の上クラッド層36を有し、この順に積層してある。第2の上下クラッド層36、32は第

1の上下クラッド層と同様に、導電型が異なるようにドープしてあり、第2の多重量子井戸構造を挟んでいる。この第2の多重量子井戸構造34は第1の多重量子井戸構造と同様に、ウェル層34およびバリア層34Bからなる。半導体レーザ部12は、光変調部13の下クラッド層32を介して相互に対向する光結合領域17において光学的に結合されている。

【0018】第1および第2の半導体部分15、16の上には連続するクラッド層38を設け、このクラッド層38は第1および第2の半導体部分15、16の界面18を挟む対向端部15A、16Aを含む領域に沿って上部が欠損した分離部40を有する。すなわち、界面18をまたぐ肉薄部38AでDFBレーザ部12と光変調部13、光制御部14に存在するクラッド38の部分38B、38Cを一体に連絡している。光導波路11はDFBレーザ部12、光変調部13、光制御部14を貫くりッジ構造を有しており、DFBレーザ部12と光変調部13、光制御部14の各両側はそれぞれ埋込み部44、46、47がキャップ層42と同じ高さに設けられている。キャップ層42および埋込み部44、46、47の20
上にレーザ部の電極48、光変調部13の電極49、光制御部14の電極50がそれぞれ設けられている。レーザ部12と光変調部13、光制御部14とは分離部40により絶縁性が向上されている。

【0019】次に、本発明の光パルス発生制御素子の光変調部の動作原理を説明する。

【0020】図4に示すように、印加電圧として、ある一定のDC電圧V₀を中心として振幅V_aの正弦波電圧を加えると、光の強度は図中の左部分のように変化するので、バイアス位置、振幅の条件を適当に選ぶことによって印加正弦波の半波長よりも狭いパルスが得られる。このようにして発生した光パルス列を光制御部でパルスの抜き取りを行う。すなわち、レーザ光源と次の光変調部の組み合わせでパルス列を発生させ、次の光制御部に、前の光変調部に加えられている電圧とは同期しているが、周波数の異なる電圧を印加すると、その周期に応じてパルス列をコーディングするものである。

【0021】この種の半導体素子は、図5(A)、(C)に示したように、逆方向電圧を印加すると、吸収係数が点線で示すように変化するのでその吸収端70、71が長波長側72、73にシフトする。このため、電圧印加のない状態では透明(吸収を受けない状態)であった光が、電圧印加によって吸収を受け、従って透過光強度が印加電圧によって変調される。従来用いられてきたもの(バルク構造)では、図5(A)に示したように、電圧に対する吸収係数変化は、図5(B)に示すように小さい。これに対して、MQW構造を有する本発明の素子は、図5(C)に示すように吸収端がシフトするが、電圧印加により吸収端が同じく長波長側にシフトするが、図5(D)に示すように、吸収係数変化が格段に 50

大きい。図5(B)、(D)から判るように、従来の素子は本願発明のようなMQW構造に比べて吸収率変化が小さく、このため、ある一定の消光比を得るには素子長さを長くする必要があり(消光比は $\exp(-\Delta\alpha \cdot L)$ に比例する。 $\Delta\alpha$:吸収係数変化、L:試料長さ)素子の容量の増加を伴うので速度に制限が生じてしまう。

【0022】本発明のMQW素子は従来の素子に比べて吸収率変化が格段に大きいため、図4に示すように、光変調部に大振幅の正弦波を加えると、レーザ部より放出される光は強度変調を受けて急峻な光パルス特性を有するパルス列を発生する。図6にその一例を示す。

【0023】図6は本発明を適用したMQW-DFBレーザとMQW光変調部、MQW光制御部の集積化光源による光パルス発生素子の特性を示す線図である。図6(A)に示すように、急峻なパルス列が発生する。すなわち、半値全幅10ピコ秒程度のパルス幅が20GHzの繰り返し周波数で得られており、測定系の時間分解能を考慮すれば(10ピコ秒程度の応答速度を持つので)7ピコ秒以下の幅であることが推定される。実際に第2高調波による自己相関の測定によれば図6(B)に示されるように半値全幅は7ピコ秒であった。また、光出力も数mWであり、この種の光パルスとして十分な値である。MQW光制御部に光変調部に加えられた信号と同期したそれとは異なる周波数の信号(例えば正弦波)を加えると図7に示すようにデコーディングされた信号が得られた。この制御信号は正弦波に限らずランダムなパルス電圧であってもよい。従来は、この光制御部はパルス発生部とは別に用意して光ファイバを用いて光パルスの変調をする必要があり、ファイバの結合損の問題、安定性の問題等があったが、本願発明はこれを克服している。

【0024】このように、本発明の光パルス発生制御素子は、半導体レーザ特有の小型、堅固性を維持しつつ、本発明者の発明・実証している多重量子井戸構造を用いた超高速(超広帯域)・低駆動電圧の外部光強度変調部・光制御部を用いてレーザそのものには影響を与えないで光変調部自体の持っている低チャープ性を利用して、制御の容易な高い繰り返し周波数で簡便に狭い光パルス列を発生し、これを同一基板上に設けられた、光変調部とは別の信号で駆動する光制御部により制御するものである。

【0025】光源と光変調器、光変調器と光制御部との結合には個別の素子であれば、その間に光ファイバを介するため必ず結合損が発生し、光の強度を落とす。また、ファイバとの結合にはモジュールを必要とし、作製工程が増え、信頼性にも問題が出てくる。これを解決するため本発明の光発生制御素子では、図2に示すように光変調部、光制御部と半導体レーザをモノリシックに集積している。この構成の概略は図7(A)で示すことが

できるが、レーザ部12では図7(B1)に示すように光強度は一定であり、光変調部13透過後の光は図7(B2)に示すように単なる光パルス列であってなんら信号を乗せていないので、同一基板上に進行波形の半導体光制御部14を設けこれに加える電圧を通して光を吸収もしくは透過させて図7(B3)に示すように光パルス列をコーディングし、信号の乗った高出力の光パルスの発生をしている。外部光変調部ではバルク形に比べて高速性、低電圧駆動に有利な多重量子井戸構造を採用し、光強度変調部の電圧に対する強い非線形性や低チャープ性を利用している。また、光制御部では図7に示すように印加電圧によってその吸収特性は変化するので光パルス列の中の特定のパルスを抜き出すことができコーディングできる(図7(C))。

【0026】上述したMQW-DFBレーザは、次のようにして製造できる。すなわち、予め分子線エピタキシー法(MBE)あるいは有機金属気相成長法(MOVPE)により基板上に作製されたDFBレーザ部(または光制御部、光変調部)を選択的にドライおよびウェットエッチング法により基板までエッチングし、その後、光変調部、光制御部(またはレーザ部)をMBE法を用いて成長する。この時レーザ発光部の基板表面から測った高さは光変調部、光制御部、光導波路部分の基板表面から測った高さに合うようにする。光変調部と光制御部は独立に電圧を印加できるようにした以外は本質的にすべて同じである。

【0027】図8はレーザ部を先に形成する場合の製造工程を示す概略断面図である。図8において、図2および図3において使用されている符号と同じ符号は同じ部材または部分を示し、52はSiO₂膜、54はパターン化レジスト、56はSiO₂膜ひさしである。

【0028】以下、図8を参照して本発明の光発生制御素子の製造法を詳細に説明する。

【0029】上述したMQW-DFBレーザは、次のようにして製造できる。すなわち、予め分子線エピタキシー法(MBE)あるいは有機金属気相成長法(MOVPE)により基板上に作製されたDFBレーザ部12、光制御部13(または光変調部14)を選択的にドライおよびウェットエッチング法により基板までエッチングし、その後、光変調部13(またはDFBレーザ部12、光制御部14)をMBE法を用いて成長する。このときDFBレーザ部12、光制御部14の基板表面から測った高さは光変調部の光導波路部分の基板表面から測った高さに合うようにする。DFBレーザ部12と光制御部14は回折格子の有無が相違するだけで他の構成はすべて同じである。

【0030】まず、図8(A)に示すように、p基板20の表面にMOVPE法によりエッチングストップ層22を設け、その上に第1の下クラッド層24、次いでウェル層(井戸層)26A、バリア層(障壁層)26Bか

らなる量子井戸構造の活性層26、ガイド層28を順次成長させる。その上に、DFBレーザ部を形成すべき部分にのみ干渉露光とエッチングによりグレーティング29を形成し、第2の下クラッド層30を成長させる。

【0031】次に、第2の下クラッド層30の上にSiO₂膜52をスパッタ装置により形成する。これにフォトリソグラフィ技術により所望の部分(光変調部を形成すべき部分)に穴を開ける。すなわち、SiO₂膜52とパターン化したフォトレジスト54とからなる2層マスクを使用してリソグラフィを行う。このようにして図8(B)に示す構造を得る。

【0032】次に、フォトレジスト54を除去し、ひさし部56をマスクとして光変調部13をMBE法により成長する。光変調部13は第2の下クラッド層32、ウェル層34A、バリア層34Bからなる第2の多重量子井戸構造34を成長させて光導波路を形成し、その上に第2の上クラッド層36を形成する。第2の上クラッド層36の上には保護層31を形成する。この場合、DFBレーザ部12、光制御部14にも同様に積層する。このようにして、図8(C)に示す構造が得られる。

【0033】DFBレーザ部12および光制御部14の上に成長した部分(層32、34、36、31)はSiO₂膜52をサイドからエッチングすることにより取り除いて図8(D)に示す構造を得る。

【0034】この上に、図8(F)に示すように、第3のクラッド層38、キャップ層42をMOVPE法により形成する。

【0035】次に、上述した活性層26、光導波路(第2の量子井戸構造)34までエッチングを行い、DFBレーザ部と光変調部、光制御部を貫くりッジを形成する(図2参照)。

【0036】この後、DFBレーザ部、光制御部に埋め込み部44、47を、光変調部に埋め込み部46をそれぞれ埋め込み、最後に各々の部分に電極48、50、49をつける(図2参照)。

【0037】この電極48、49、50をマスクとしてエッチングを施し、各電極間に分離部40を形成し、光変調部とDFBレーザ部、光制御部の間の絶縁を強化する。また、光制御部の出射端面には無反射コーティング64(図3参照)を施し、基板20の下面にはn形電極62(図2参照)をつける。このようにして、図8(F)に示す構造を得る。この構造は図2および図3に示す構造に対応する。

【0038】次に、図2および図3に示す素子構造の具体的な製造例を説明する。

【0039】すなわち、n-InP基板20の表面にMOVPE法によりn-InGaAsP層をエッチングストップ層22として設け、その上にn-InPクラッド層24を0.1μm、次いで10nmのInGaAsをウェル層(井戸層)26Aとし波長1.3μm相当のI

nGaAsP 10nmをバリア層(障壁層) 26Bとする量子井戸構造6層からなる活性層26、波長1.3 μ m相当のInGaAsPガイド層を0.1 μ m成長した。その上に干渉露光とエッチングによりグレーティング29を形成し、p-InPクラッド層30を成長した後、SiO₂膜52をスパッタ装置により形成し、これにフォトリソグラフィ技術により所望の部分に穴を開ける。すなわち、パターン化したフォトレジスト54との2層マスクを使用してリソグラフィを行う。

【0040】次にこれをマスクとして光変調部13、光制御部14をMBE法により成長する。光変調部13はn-InAlAsクラッド層32を0.3 μ m、厚さ7.5nmのInGaAsウェル層34A、5nmのInAlAsバリア層34Bからなる量子井戸構造30層を成長して光導波路34を形成し、その上にp-InAlAsクラッド層36を形成する。クラッド層36の上にはp-InGaAs保護層31を形成する。レーザ部11の上に成長した部分(層32, 34, 36, 31)はSiO₂膜52をサイドからエッチングすることにより取り除き、最後にp-InPクラッド層38、p-InGaAsキャップ層42をMOVPE法により形成する。

【0041】次に幅1.5-3.0 μ mのストライプを用いて、上述した活性層26、光導波路34までエッチングを行い、レーザ部と光変調部、光制御部を貫くりッジを形成する。この後、レーザ部をInP層(p-InPとn-InPの組み合わせまたは半絶縁性InPからなる)44で、光変調部、光制御部をポリイミド46、47でそれぞれ埋め込み、最後に各々の部分に電極48, 50, 49を付ける。

【0042】この電極48, 49, 50をマスクとしてエッチングを施し、各電極間に分離部40を形成し、光変調部とレーザ部、光制御部の間の絶縁を強化する。

【0043】レーザ部、光制御部と光変調部および各部との間の絶縁部の長さは300 μ m、100 μ m、100 μ m、50 μ mとした。光制御部の出射端面には無反射コーティング(図示しない)を施した。また、基板の下面にはn形電極62(図2参照)をつける。

【0044】さらに、図9は本発明の光発生制御素子の別の実施例を示す模式的断面図である。図8において、図2および図3において使用されている符号と同じ符号は同じ部材または部分を示す。n-InP基板20上にレーザ部12と光変調部13と光制御部14とを設けてある。レーザ部12にはレーザ活性層26と光変調部13、光制御部14の導波層のコア34との2層があり、光変調部13、光制御部14にはコア34、1層しかなく、レーザより発光された光がレーザ部においてコア34に導波され光変調部、光制御部に導波される構造となっている。この実施例の光パルス発生制御素子は図8に示す方法と同様の方法で先にレーザ部を作製して製造す

ることができる。

【0045】

【発明の効果】以上説明したように、本発明によればMQW-DFBレーザとMQW光変調部、MQW光制御部が結合効率よく集積化された光源を作製でき、また、MQW-DFBレーザとMQW光変調部、MQW光制御部の各々の性能を最適化できるため、狭線幅で高繰り返し周波数の光パルスを容易にデコーディングできる。また、MQW光変調部、MQW光制御部の2素子のみでも動作させることもできる。

【0046】以上、光パルス発生制御素子について光パルス発生部を構成する半導体レーザおよびレーザ部と光変調部の結合形態を分布帰還型半導体レーザおよびバットジョイントと呼ばれる構造を用いて説明したが、光パルス発生部を構成する半導体レーザを分布ブラッグ反射型半導体レーザとしても同様な特性が得られる。

【図面の簡単な説明】

【図1】(A)は本発明の光パルス発生制御素子の要部の概略を示す模式的上面図、(B)、(C)は光パルスの波形図である。

【図2】本発明を適用したMQW-DFBレーザとMQW光変調部、MQW光制御部の集積化光源による光パルス発生制御素子の構造の概略構成を示す斜視図である。

【図3】図2のMQW-DFBレーザとMQW光変調部、MQW光制御部の接合界面のII-II線に沿う拡大断面図である。

【図4】本発明の光パルス発生制御素子の光制御部を動作させない場合の特性を示す特性図である。

【図5】(A)は従来の光パルス発生素子の電圧印加時の波長シフトを示す特性図、(B)はその吸収係数変化を示す線図、(C)は本発明の光パルス発生制御素子の光制御部を動作させた場合の特性を示す線図、(D)はその吸収係数変化を示す線図である。

【図6】本発明の光発生制御素子の特性を示す線図であり、(A)は光信号強度を示し、(B)は自己相関強度を示す。

【図7】本発明を適用した場合の光パルス発生制御素子の光制御部の動作原理を示す図である。

【図8】本発明を適用したMQW-DFBレーザとMQW光変調部、MQW光制御部の集積化光源による光パルス発生制御素子の製造工程を示す概略断面図である。

【図9】本発明の光パルス発生制御素子の他の実施例を示す模式的断面図である。

【図10】従来の光パルス発生素子の動作原理を示す図である。

【符号の説明】

- 10 (MQW-DFB) レーザ素子
- 11 光導波路
- 12 (分布帰還型半導体) レーザ部
- 13 光変調部

11

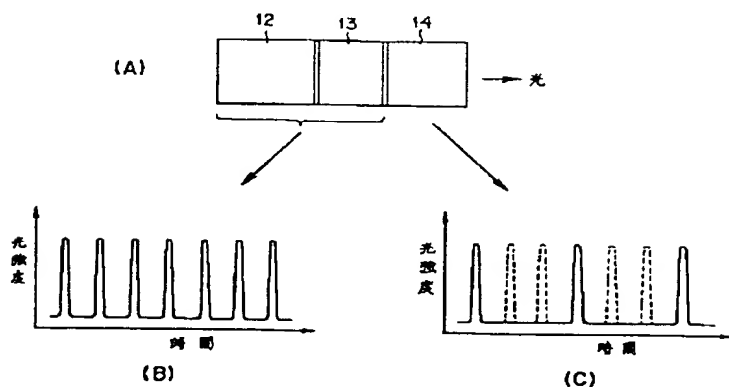
12

- 14 光制御部
- 15 第1の半導体部分
- 15A 対向端部
- 16 第2の半導体部分
- 16A 対向端部
- 17 光結合領域
- 18 界面(斜めエッチング面)
- 20 基板
- 22 エッチングストップ層
- 24 第1の下クラッド層
- 26 活性層(第1の多重量子井戸構造)
- 26A ウェル層
- 26B バリア層
- 28 ガイド層
- 29 回折格子(グレーティング)
- 30 第1の上のクラッド層
- 31 保護層
- 32 第2の下クラッド層
- 34 第2の多重量子井戸構造

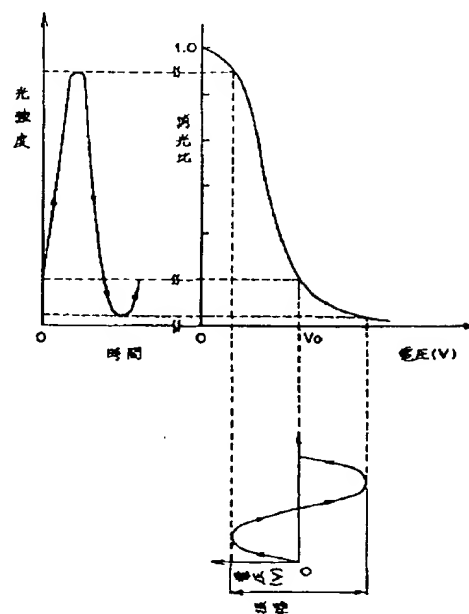
- 34A ウェル層
- 34B バリア層
- 36 第2の上のクラッド層
- 38 第3のクラッド層
- 38A 肉薄部
- 38B, 38C クラッドの部分
- 40 分離部
- 42 キャップ層
- 44, 46, 47 埋め込み部
- 48 レーザ部の電極
- 49 光変調部の電極
- 50 光制御部の電極
- 52 SiO₂膜
- 54 パターン化レジスト
- 56 ひさし
- 58, 59, 60 p型電極
- 62 n型電極
- 64 反射防止膜
- 71, 72, 73, 74 吸収端

10

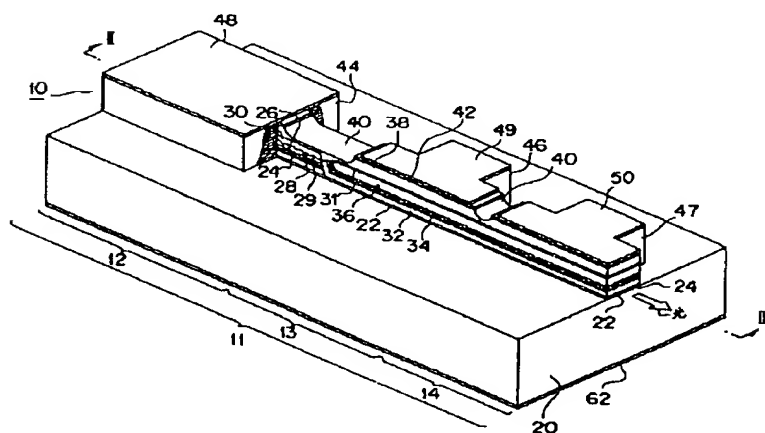
【図1】



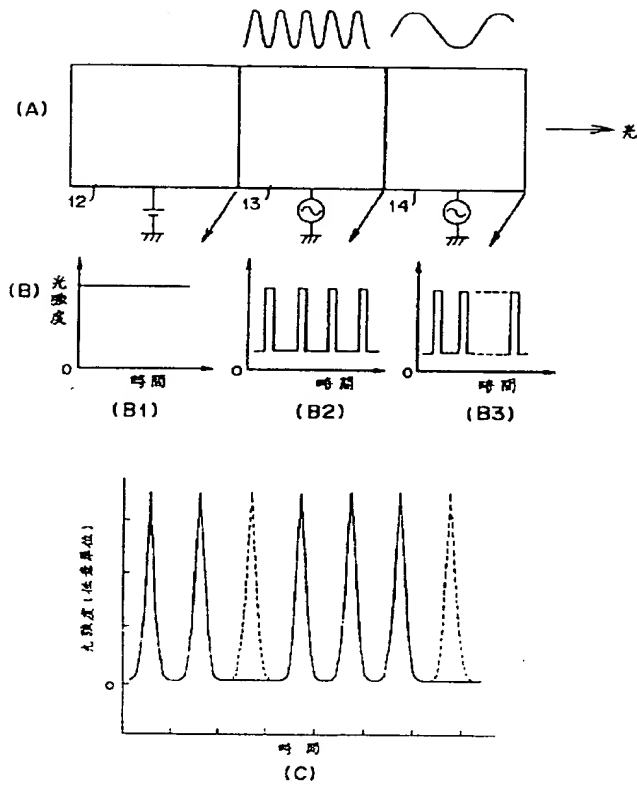
【図4】



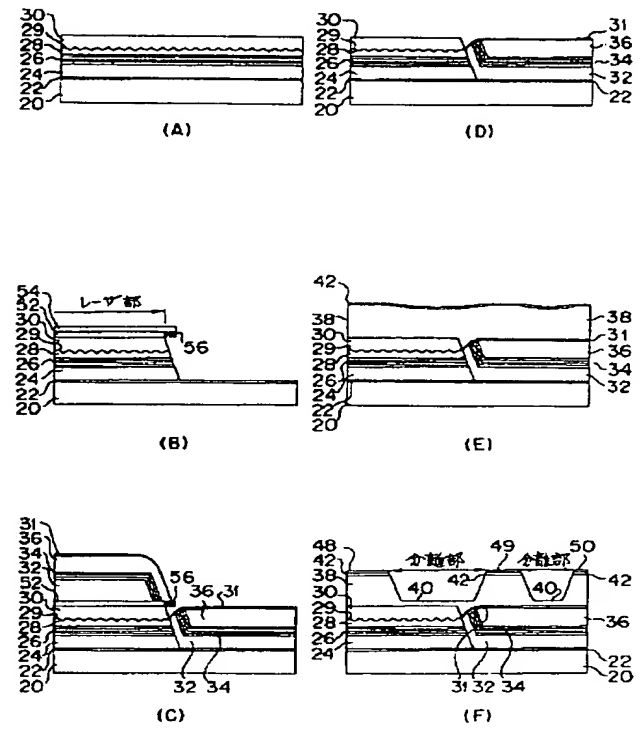
【図2】



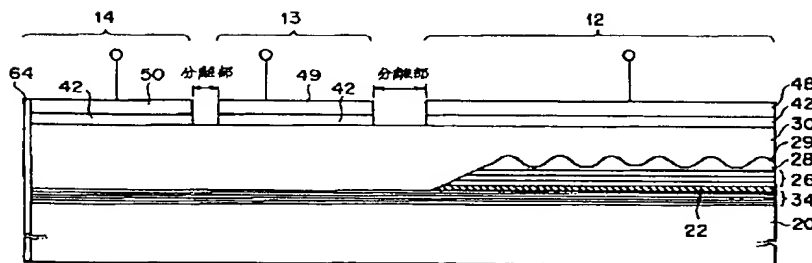
【図7】



【図8】



【図9】



【図10】

